发酵饲料桑粉对宁乡花猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响

丁　鹏[1]　李　霞[2]　丁亚南[1]　宋泽和[1]　张石蕊[1]　范志勇[1]　李一平[2]　贺　喜[1*]

（1.湖南农业大学动物科学技术学院，饲料安全与高效利用教育部工程研究中心，湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128；2.湖南省蚕桑科学研究所，长沙 410127）

摘　要：本试验旨在研究将饲料桑粉添加至饲粮中经发酵后饲喂宁乡花猪，对其生长性能、肉品质和血清生化指标的影响。选取平均体重为 30 kg 左右的宁乡花猪 90 头，随机分为 5 个组，每组 3 个重复（栏），每个重复 6 头猪。对照组饲喂基础饲粮，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组分别饲喂添加 9%、12%、15%饲料桑粉的全发酵料和添加 9%饲料桑粉的未发酵料。试验分为 2 个阶段，中猪阶段（1~50 d）和大猪阶段（51~75 d）。结果表明：1）Ⅰ组宁乡花猪 1~50 d 的料重比显著低于对照组和Ⅳ组（$P<0.05$）。2）与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的平均背膘厚显著降低（$P<0.05$）。3）与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的血清总胆固醇含量显著降低（$P<0.05$）；Ⅰ组宁乡花猪第 50 天的血清总蛋白含量显著高于Ⅳ组（$P<0.05$）。由此可知，饲料桑粉经发酵后饲喂效果更佳，可降低宁乡花猪的平均背膘厚，改善肉品质，降低血清总胆固醇含量；添加 9%饲料桑粉的全发酵料可降低料重比，改善宁乡花猪的生长性能。

关键词：发酵饲料桑粉；宁乡花猪；生长性能；肉品质；血清生化指标

中图分类号：S828

随着饲料原料的日趋紧张，桑资源的开发应用也逐渐受到产业界的关注。我国科研人员通过人工选育，培育出了新型抗逆品种——饲料桑，该品种具有适应性强、产量高、营养丰富等特点，具有极大的开发潜力[1]。饲料桑含有丰富的蛋白质、脂肪酸、维生素等，且氨基酸比例均衡。研究表明，饲料桑含有多种活性成分，主要包括黄酮类（桑酮、桑酮醇）、甾类、生物碱等，这些活性成分具有降血压、降血糖、抗菌、抗炎活性[2-3]。但由于饲料桑含有单宁、植物凝集素等抗营养因子，且具有一定的涩味，大剂量添加至动物饲粮中会导致适

收稿日期：2017-11-09

基金项目：湖南省科技计划项目（2016NK2124，2016NK2168）；国家重点研发计划（2016YFD0501209）；2014 公益性行业（农业）科研专项项目（201403047）

作者简介：丁　鹏（1993—），男，湖南常德人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: 694041110@qq.com

*通信作者：贺　喜，教授，博士生导师，E-mail: hexi111@126.com

口性下降，畜禽采食量降低[4]，限制了饲料桑在饲粮中的应用。研究发现，发酵工艺能有效降低或去除饲料桑中的抗营养因子，且能降解粗纤维和大分子蛋白质等物质，提高其饲用价值[5-6]。宁乡花猪作为中国四大名猪品种之一，具有耐粗饲、肉质鲜嫩、瘦肉率低等特点。为了更好的利用饲料桑资源，本试验旨在利用发酵工艺改善饲料桑粉品质后饲喂地方品种宁乡花猪，探讨其对宁乡花猪生长性能、肉品质及血清生化指标的影响，为饲料桑在生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

饲料桑粉由湖南省蚕桑科学研究所提供，经实验室检测营养指标为：粗蛋白质 22.96%、粗脂肪 6.26%、粗纤维 9.18%、粗灰分 13.90%、钙 4.37%、磷 0.46%。采用全发酵方式（将不同比例的饲料桑粉添加至饲粮中后，对其进行发酵处理），将乳酸菌、酵母菌和枯草芽孢杆菌按 2：1：1 的比例制成混合菌种，活菌数≥3×10^9 CFU/g，进行固态发酵处理。发酵设备及试验饲粮由湖南宁乡楚沩香生物科技有限公司提供。

1.2 试验设计

选取平均体重为 30 kg 左右的宁乡花猪 90 头，随机分为 5 个组，每组 3 个重复（栏），每个重复 6 头猪。对照组饲喂基础饲粮，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组分别饲喂添加 9%、12%、15%饲料桑粉的全发酵料和添加 9%饲料桑粉的未发酵料。试验于 2016 年 7 月至 2016 年 9 月在湖南宁乡大龙畜牧科技有限公司猪场进行，试验分为 2 个阶段，中猪阶段（1~50 d）和大猪阶段（51~75 d）。试验饲粮组成及营养水平见表 1 和表 2。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（1~50 d，风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the experimental diet from 1 to 50 days (air-dry basis)　　%

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
原料 Ingredients					
玉米 Corn	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00

豆粕 Soybean meal	17.00	15.00	13.00	11.00	15.00
小麦麸 Wheat bran	14.00	7.00	6.00	5.00	7.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
石粉 Limestone	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
饲料桑粉 Feed mulberry powder					9.00
发酵饲料桑粉 Fermented feed mulberry powder		9.00	12.00	15.00	
预混料 Premix[1)]	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
消化能 DE/(MJ/kg)	12.88	12.52	12.38	12.24	12.52
粗蛋白质 CP	14.41	13.85	13.69	13.52	13.85
钙 Ca	0.50	0.69	0.75	0.81	0.69
总磷 TP	0.43	0.37	0.36	0.34	0.37
赖氨酸 Lys	0.57	0.47	0.44	0.41	0.47
蛋氨酸 Met	0.19	0.17	0.16	0.15	0.17

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diets：Fe 66 mg，Cu 6 mg，Zn 54 mg，Mn 15 mg，I 0.24 mg，Se 0.18 mg，VA 18 000 IU，VD 35 000 IU，VE 35 IU，VK 5 mg，VB_1 5 mg，VB_2 10 mg，VB_{12} 35μg，烟酸 nicotinic acid 40 mg，泛酸 pantothenic acid 20 mg，叶酸 folic acid 1.5 mg。

[2)]营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

表 2 同。The same as Table 2.

表 2 试验饲粮组成及营养水平（51~75 d，风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of the experimental diet from 51 to 75 days (air-dry basis) %

项目 Items	对照 Control	I	II	III	IV
原料 Ingredients					
玉米 Corn	67.00	67.00	67.00	67.00	67.00
豆粕 Soybean meal	11.00	9.00	8.00	7.00	9.00
小麦麸 Wheat bran	18.00	11.00	9.00	7.00	11.00
石粉 Limestone	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
饲料桑粉 Feed mulberry powder					9.00
发酵饲料桑粉 Fermented feed mulberry powder		9.00	12.00	15.00	
预混料 Premix[1)]	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
消化能 DE/(MJ/kg)	12.71	12.34	12.21	12.07	12.34
粗蛋白质 CP	12.67	12.45	12.29	12.13	12.45
钙 Ca	0.49	0.68	0.75	0.81	0.68
总磷 TP	0.42	0.36	0.34	0.33	0.36
赖氨酸 Lys	0.45	0.37	0.34	0.31	0.37
蛋氨酸 Met	0.17	0.15	0.14	0.13	0.15

1.3 饲养管理与样品采集

根据猪场常规程序进行饲养管理。预试期 3 d，正试期 75 d，自由采食、饮水。分别于正试期第 50 和 75 天时，空腹 12 h 后，各重复（栏）随机选取 1 头试验猪进行前腔静脉采血（10 mL×2），3 000 r/min 离心 10 min 后收集血清，-20 ℃冻存待测；第 75 天时，空腹 16 h，各重复（栏）随机选取 1 头试验猪，称取活重后进行屠宰试验，劈半后进行胴体性能测定，并取左侧胴体最后肋骨处背最长肌用于肉品质测定。

1.4 测定指标与方法

1.4.1　生长性能

分别于正试期第 1、50 和 75 天时，试验猪空腹 16 h 后称重并统计期间各重复（栏）的饲料消耗量，计算平均日增重、平均日采食量及料重比。

1.4.2　肉品质

试验猪屠宰后，测定胴体平均背膘厚度、胴体重；取左侧胴体最后肋骨处背最长肌用于肉品质测定，分别测定宰后 45 min 和 24 h 的肌肉 pH（$pH_{45\ min}$、$pH_{24\ h}$）、眼肌面积、滴水损失、剪切力、失水率、肉色及大理石纹评分。

1.4.3　血清生化指标

测定血清中葡萄糖、甘油三酯、尿素氮、总胆固醇及总蛋白含量。所有指标采用全自动生化仪测定（Mindray Chemistry Analyzer BS-2000），所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.5　数据统计与分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 20.0 软件对数据进行整理，数据以“平均值±标准差”表示，组间进行方差分析，添加 9%饲料桑粉的全发酵料组与添加 9%饲料桑粉的未发酵料组间进行 t 检验，以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2　结　果

2.1　发酵饲料桑粉对宁乡花猪生长性能的影响

由表 3 可知，Ⅰ组宁乡花猪 1~50 d 的料重比比对照组显著降低了 17.95%（$P<0.05$），比Ⅳ组显著降低了 15.79%（$P<0.05$）；其余各组各阶段宁乡花猪的平均日采食量、平均日增重和料重比均无显著差异（$P>0.05$）。

表 3　发酵饲料桑粉对宁乡花猪生长性能的影响

Table 3　Effects of fermented feed mulberry powder on growth performance of *Ningxiang* pigs

项目 Items	组别 Groups					P 值 *P*-value	
	对照 Control	I	II	III	Ⅳ	ANOVA	*t*
1~50 d							
始重 Initial weight/kg	29.70±0.63	29.30±1.68	29.44±1.65	29.66±1.76	29.36±0.59	0.99	0.96
末重 Final weight/kg	47.85±1.90	49.48±1.23	47.31±1.12	46.49±0.12	45.65±4.12	0.32	0.20
平均日采食量 ADFI/(g/d）	1 286.70±37.86	1 190.00±167.03	1 123.30±66.58	1 080.00±62.45	1 186.70±156.31	0.28	0.98
平均日增重 ADG/（g/d）	366.70±4.73	413.30±1.53	366.71±1.53	343.30±3.06	346.70±5.77	0.23	0.18
料重比 F/G	3.51±0.33[a]	2.88±0.29[b]	3.08±0.12[ab]	3.15±0.14[ab]	3.42±0.20[a]	0.04	0.05
51~75 d							
末重 Final weight/kg	60.42±1.89	63.41±0.80	61.10±0.35	59.69±0.43	58.07±5.23	0.20	0.22
平均日采食量 ADFI/(g/d）	1 806.70±128.97	1 706.70±32.75	1 730.00±34.22	1 783.30±90.74	1 653.30±19.86	0.94	0.82
平均日增重 ADG/（g/d）	503.31±5.77	556.70±30.55	553.30±40.41	530.02±17.32	470.00±96.44	0.24	0.21
料重比 F/G	3.60±0.25	3.06±0.53	3.11±0.38	3.37±0.08	3.61±0.65	0.41	0.32
1~75 d							
平均日采食量 ADFI/(g/d）	1 463.30±68.07	1 400.11±21.93	1 316.70±150.44	1 296.70±35.12	1 346.70±155.67	0.62	0.75
平均日增重 ADG/（g/d）	416.70±30.55	460.03±17.32	426.70±20.82	406.70±15.28	386.71±66.58	0.22	0.19
料重比 F/G	3.52±0.10	3.03±0.39	3.07±0.21	3.20±0.09	3.51±0.40	0.14	0.22

ANOVA 表示各组间的方差分析，*t* 表示 9%饲料桑粉全发酵料组与 9%饲料桑粉未发酵料组间的 *t* 检验。同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（$P>0.05$），不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

ANOVA represents analysis of variance between all groups, *t* represents the *t* test between 9% fermented feed mulberry powder group and 9% unfermented feed mulberry powder group. In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference

(P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05). The same as below.

2.2 发酵饲料桑粉对宁乡花猪肉品质的影响

由表 4 可知，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的平均背膘厚分别显著降低了 14.72%、14.98%、19.27%和 15.61%（P<0.05）；各组宁乡花猪的眼肌面积、滴水损失、pH、肉色、剪切力均无显著差异（P>0.05）；Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的肌肉 $pH_{24\ h}$、大理石纹评分均高于对照组，失水率均低于对照组，但无显著差异（P>0.05）。

表 4　发酵饲料桑粉对宁乡花猪肉品质的影响

Table 4　Effects of fermented feed mulberry powder on meat quality of *Ningxiang* pigs

项目 Items	组别 Groups					*P* 值 *P*-value	
	对照 Control	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	ANOVA	*t*
平均背膘厚 Average backfat thickness/mm	37.98±0.72[a]	32.39±3.03[b]	32.29±2.11[b]	30.66±2.34[b]	32.05±3.78[b]	<0.05	0.91
眼肌面积 Loin eye area/cm²	22.38±1.32	25.45±3.70	22.87±1.02	23.50±0.26	23.64±3.11	0.57	0.55
滴水损失 Drip loss/%	1.35±0.22	1.44±0.25	1.34±0.38	1.35±0.18	1.44±0.11	0.97	0.99
$pH_{45\ min}$	6.26±0.02	6.21±0.05	6.20±0.04	6.18±0.04	6.23±0.05	0.22	0.60
$pH_{24\ h}$	5.58±0.02	5.66±0.11	5.67±0.04	5.67±0.05	5.63±0.03	0.38	0.66
肉色 Meat color							
亮度 $L^*_{45\ min}$	44.87±2.59	45.24±2.51	42.94±3.14	41.46±2.70	44.94±4.66	0.57	0.93
红度 $a^*_{45\ min}$	4.67±2.11	4.76±0.40	4.77±0.99	3.81±1.92	4.51±0.33	0.90	0.44
黄度 $b^*_{45\ min}$	1.94±1.33	1.39±0.19	1.78±0.96	0.90±0.31	1.38±0.64	0.57	0.97
亮度 $L^*_{24\ h}$	45.17±4.93	53.00±3.60	50.92±4.42	44.17±4.04	52.99±5.89	0.11	0.99
红度 $a^*_{24\ h}$	3.92±1.08	5.77±1.06	5.02±0.69	4.65±2.07	5.43±2.85	0.73	0.86
黄度 $b^*_{24\ h}$	3.76±0.38	5.97±40.22	4.53±1.11	3.73±0.54	4.61±2.24	0.20	0.35
剪切力 Shearing force/kgf	3.08±0.05	3.08±0.23	3.01±0.08	3.07±0.11	2.99±0.06	0.84	0.57
失水率 Water loss rate/%	22.89±0.05	17.62±0.08	14.93±0.02	15.82±0.04	17.58±0.02	0.36	0.99
大理石纹评分 Marbling score	3.83±0.29	4.17±0.29	4.33±0.29	4.33±0.29	4.00±0.87	0.64	0.77

2.3 发酵饲料桑粉对宁乡花猪血清生化指标的影响

由表 5 可知，第 50 天时，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的血清总胆固醇含量分别显著降低了 10.89%、17.49%、18.15%和 8.25%（P＜0.05）；Ⅰ组宁乡花猪的血清总蛋白含量比Ⅳ组显著增加了 10.89%（P＜0.05）；Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的血清葡萄糖、甘油三酯和尿素氮含量均低于对照组，但差异不显著（P＞0.05）。

第 75 天时，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的血清总胆固醇含量分别显著降低了 13.86%、17.16%、24.42%和 12.54%（P＜0.05）；Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组宁乡花猪的血清总蛋白含量高于对照组，血清葡萄糖、甘油三酯和尿素氮含量低于对照组，但差异不显著（P＞0.05）。

表 5　发酵饲料桑粉对宁乡花猪血清生化指标的影响

Table 5　Effects of fermented feed mulberry powder on serum biochemical indexes of *Ningxiang* pigs

项目 Items	组别 Groups					*P* 值 *P*-value	
	对照 Control	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	ANOVA	*t*
第 50 天 The 50th day							
葡萄糖 GLU/（mmol/L）	5.16±0.96	4.86±0.85	4.85±0.90	4.52±0.39	4.84±0.12	0.88	0.97
甘油三酯 TG/（mmol/L）	0.70±0.08	0.67±0.06	0.64±0.03	0.61±0.02	0.68±0.05	0.33	0.84
尿素氮 UREA/（mmol/L）	4.22±1.79	4.09±0.71	3.81±0.77	3.88±0.81	3.49±0.41	0.92	0.27
总胆固醇 TC/（mmol/L）	3.03±0.08[a]	2.70±0.04[b]	2.50±0.06[c]	2.48±0.05[c]	2.78±0.12[b]	＜0.01	0.37
总蛋白 TP/（g/L）	63.56±7.66	76.18±0.58	65.32±7.57	66.84±4.32	68.70±2.94	0.11	0.04
第 75 天 The 75th day							
葡萄糖 GLU/	6.44±0.58	6.16±0.34	5.96±1.14	5.73±0.17	5.83±0.09	0.62	0.18

（mmol/L）							
甘油三酯 TG/（mmol/L）	0.62±0.02	0.59±0.13	0.54±0.19	0.51±0.06	0.60±0.12	0.71	0.95
尿素氮 UREA/（mmol/L）	5.34±0.40	5.24±0.35	5.07±0.98	4.72±0.34	5.28±0.58	0.69	0.93
总胆固醇 TC/（mmol/L）	3.03±0.19^{a}	2.61±0.04^{b}	2.51±0.06^{b}	2.29±0.08^{c}	2.65±0.05^{b}	＜0.01	0.38
总蛋白 TP/（g/L）	64.15±3.08	67.87±4.02	68.86±4.09	66.97±1.18	65.46±2.66	0.43	0.44

3 讨 论

3.1 发酵饲料桑粉对宁乡花猪生长性能的影响

饲料桑中含有丰富的蛋白质、碳水化合物、维生素、矿物质以及天然活性成分，是一种优良的畜禽饲料原料。近年来利用饲料桑作为畜禽饲料原料的研究越来越多，宋琼莉等[7]研究发现，育肥猪饲粮中添加 10%桑叶对育肥猪的生产性能无显著影响；当桑叶添加量达到 15%时，显著降低育肥猪的平均日增重，导致生产性能下降。陈惠娜等[8]研究表明，肉兔饲粮中桑树茎叶的添加量不超过 16%时，对肉兔的生产性能无显著影响；当添加量超过 24%时，降低肉兔的平均日增重，限制其生产性能。因饲料桑中含有单宁及植物凝集素等抗营养因子，使其适口性下降，动物采食量降低，导致本试验中 9%饲料桑粉未发酵料组的料重比大于 9%饲料桑粉全发酵料组，这与杨静[9]利用饲料桑粉饲喂育肥猪的研究结果相一致。张娜娜等[10]在育肥猪后期饲粮中添加 15%发酵饲料桑粉后，发现可显著提高育肥猪的平均日增重，缩短其生长周期。本试验研究发现，9%饲料桑粉全发酵料组宁乡花猪 1~50 d 的料重比显著低于对照组，说明饲料桑粉经发酵后能降低或消除其所含的抗营养因子，有效改善其适口性，从而提高宁乡花猪的生长性能。

3.2 发酵饲料桑粉对宁乡花猪肉品质的影响

宁乡花猪以肉质鲜嫩著称，其缺陷在于体脂含量高，瘦肉率低。本试验研究发现，饲粮中添加饲料桑粉能显著降低宁乡花猪的平均背膘厚，且随着饲料桑粉添加量的增加效果更为显著，这可能与饲料桑中的活性成分影响猪的脂肪代谢有关，与杨静[9]利用饲料桑粉饲喂育肥猪的研究结果相一致。生猪屠宰后肌肉 pH 是肉品质的测定指标之一，其直观的体现了肌

肉的酸度值。生猪宰杀后机体处于缺氧条件，肌糖原、脂肪分解代谢产生大量乳酸，导致肌肉 pH 急剧下降，促使蛋白质变性，因此延缓肌肉 pH 下降速度有助于减少苍白松软渗出型猪肉（PSE）、干燥坚硬色暗型猪肉（DFD）等低品质猪肉的产生[8]。贾亚洲等[11]研究发现，在肉羊饲粮中添加桑叶可减缓宰后肌肉 pH 下降速度，这对羊肉的新鲜度有积极的影响。郭建军等[12]在育肥猪饲粮中添加一定比例的鲜桑叶后，发现能有效提高育肥猪背最长肌中高密度脂蛋白、肌苷酸、亚油酸、维生素 E、赖氨酸和总氨基酸的含量，降低总胆固醇和硬脂酸的含量，有效提高猪肉的营养和品质。肌内脂肪是反映肉品质和风味的指标之一，大理石纹评分与肌内脂肪呈正相关关系，通过大理石纹评分可以直观估计出肌内脂肪的含量。本试验中饲料桑粉添加组宁乡花猪的肌肉大理石纹评分与对照组相比有增加的趋势，且肌肉失水率与对照组相比有降低的趋势，这与刘子放等[13]利用桑枝叶粉饲喂育肥猪的研究结果相一致。总之，本试验结果表明，饲料桑粉能有效降低宁乡花猪的平均背膘厚，并改善宁乡花猪的肉品质和风味。

3.3 发酵饲料桑粉对宁乡花猪血清生化指标的影响

黄酮类化合物是饲料桑中主要的活性成分之一，研究表明黄酮类化合物可促进动物机体血管扩张，增加动脉血流量，有降低血压和血脂的作用[14-15]。王永昌[16]在清远鹅饲粮中添加一定量的桑叶粉，发现能显著降低清远鹅血清甘油三酯和胆固醇含量。宋琼莉等[7]研究表明，育肥猪饲粮中添加 10%桑叶粉可降低血清甘油三酯含量，调节机体内的脂肪代谢。本试验结果表明，饲料桑粉添加组宁乡花猪的血清总胆固醇含量显著低于对照组，且随着饲料桑粉添加量的增加效果更为显著，这可能与饲料桑中所含黄酮类化合物和其他活性成分对动物机体内脂类代谢的影响有关，与黄静等[17]在胡须鸡饲粮中添加桑叶粉的研究结果相一致。血清尿素氮是蛋白质水解和氨基酸代谢的终产物，其含量的高低可以反映饲粮蛋白质利用率的高低，二者呈负相关关系[18]。常文环等[19]研究表明，随着肉鸡饲粮中桑叶粉添加比例的增加，肉鸡血浆尿素氮含量有逐渐降低的趋势。血清总蛋白含量可以反映动物机体对蛋白质的吸收代谢情况，若血清总蛋白含量在正常范围内增加，说明蛋白质合成代谢加强[18]。本试验结果表明，9%饲料桑粉全发酵料组宁乡花猪第 50 天时的血清总蛋白含量显著高于 9%饲料桑粉未发酵料组，这可能与饲料桑粉经发酵降解了其中的大分子蛋白质，促进了动物机体对蛋白质的消化吸收有关，其具体原因有待于进一步研究。

4 结 论

① 饲料桑粉经发酵后可降低其抗营养因子含量，改善适口性，饲喂效果更佳，且9%饲料桑粉全发酵料能显著降低宁乡花猪1~50 d的料重比，提高宁乡花猪的生产性能。

② 利用饲料桑粉饲喂宁乡花猪能调节其体内脂肪代谢，显著降低宁乡花猪的平均背膘厚及血清总胆固醇含量。

参考文献：

[1] 杜周和,刘俊凤,左艳春,等.桑叶的营养特性及其饲料开发利用价值[J].草业学报,2011,20(5):192–200.

[2] LI Y G,JI D F,ZHONG S,et al.Hybrid of 1-deoxynojirimycin and polysaccharide from mulberry leaves treat diabetes mellitus by activating PDX-1/insulin-1 signaling pathway and regulating the expression of glucokinase, phosphoenolpyruvate carboxykinase and glucose-6-phosphatase in alloxan-induced diabetic mice[J].Journal of Ethnopharmacology,2011,134(3):961–970.

[3] 苏海涯,吴跃明,刘建新.桑叶中的营养物质和生物活性物质[J].饲料研究,2001(9):1–3.

[4] 蒋美山,易兴友,李中伟.饲料桑的营养价值及其在畜禽日粮中的应用[J].当代畜牧,2015(24):31–32.

[5] 罗玲,韩奇鹏,曲湘勇.微生物发酵饲料在动物生产上的应用研究进展[J].饲料与畜牧,2016(2):45–50.

[6] 孙汝江,吕月琴,肖发沂.微生物发酵饲料的研究进展[J].山东畜牧兽医,2012(6):85–86.

[7] 宋琼莉,韦启鹏,邹志恒,等.桑叶粉对育肥猪生长性能、肉品质和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):541–547.

[8] 陈惠娜,郭志强,郭春华,等.桑树茎叶饲料对肉兔生产性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2016,28(1):109–116.

[9] 杨静.饲料桑粉的营养价值评定及在生长育肥猪日粮中的应用研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2014.

[10] 张娜娜,曹洪战,李同洲,等.发酵饲料桑粉对育肥猪生长性能和猪肉品质的影响[J].中国兽医学报,2016,36(12):2166–2170.

[11] 贾亚洲,宜光辉,王国军,等.桑叶饲料对绒山羊羯羊生产性能及肉品质的影响[J].家畜生态学报,2017,38(11):27-31.

[12] 郭建军,邱殿锐,李晓滨,等.日粮鲜桑叶对育肥猪生长性能和肉质的影响[J].畜牧与兽医,2011,43(9):47–50.

[13] 刘子放,邝哲师,叶明强,等.桑枝叶粉饲料化利用的营养及功能性研究[J].广东蚕业,2010,44(4):24–28.

[14] 苏方华.桑叶的化学成分及临床应用研究进展[J].中国医药导报,2010,7(14):9–12.

[15] 朱业靖,周文.桑叶的化学成分及其药理作用研究[J].菏泽医学专科学校学报,2010,22(4):82–83.

[16] 王永昌.桑叶粉对鹅饲用价值的研究[D].硕士学位论文.广州:华南农业大学,2016.

[17] 黄静,邝哲师,廖森泰,等.桑叶粉和发酵桑叶粉对胡须鸡生长性能、血清生化指标及抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(6):1877–1886.

[18] 陈长乐.发酵床饲养模式对猪肉品质、血液生化指标及消化生理的影响研究[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2012.

[19] 常文环,刘国华,张姝.桑饲料对肉鸡生长性能及其血浆尿素氮含量的影响[J].中国饲料,2006(18):35–36,39.

Effects of Fermented Feed Mulberry Powder on Growth Performance, Meat Quality and Serum Biochemical Indexes of *Ningxiang* Pigs

DING Peng[1] LI Xia[2] DING Yanan[1] SONG Zehe[1] ZHANG Shirui[1] FAN Zhiyong[1] LI Yiping[2] HE Xi[1*]

（1. *Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety*, *Engineering Research Center for Feed Safety and Efficient Utilization of Ministry of Education*, *College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University*, *Changsha* 410128, *China*; 2.*The Sericulture Science Institute of Hunan*, *Changsha* 410127, *China*）

Abstract: This study was aimed to investigate the effects of fermented feed mulberry powder on growth performance, meat quality and serum biochemical indexes of *Ningxiang* pigs. Ninety

* Corresponding author, professor, E-mail: hexi111@126.com （责任编辑　李慧英）

Ningxiang pigs with average body weight of about 30 kg were randomly divided into 5 groups with 3 replicates (pens) per group and 6 pigs per replicate. Pigs in control group were fed a basal diet, and the others in groups Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ were fed the fermented diets supplemented with 9%, 12% and 15% feed mulberry powder and the unfermented diets supplemented with 9% feed mulberry powder. The trial was divided into 2 stages, 1 to 50 days of earlier growth stage and 51 to 75 days of later growth stage. The results showed as follows: 1) the ratio of feed to gain of *Ningxiang* pigs in group Ⅰ was significantly lower than that in control group and group Ⅳ from 1 to 50 days ($P<0.05$). 2) Compared with control group, the average backfat thickness of *Ningxiang* pigs in groups Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ was significantly decreased ($P<0.05$). 3) Compared with control group, the content of total cholesterol in serum of *Ningxiang* pigs in groups Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ was significantly decreased ($P<0.05$). The content of total protein in serum of *Ningxiang* pigs in group Ⅰ at the 50th day was significantly higher than that in group Ⅳ ($P<0.05$). In conclusion, feed mulberry powder has better feeding effects after fermented, it is able to reduce average backfat thickness of *Ningxiang* pigs, improve meat quality and reduce the content of total cholesterol in serum. The fermented diets supplemented with 9% feed mulberry powder can decrease the ratio of feed to gain, and promote the growth performance of *Ningxiang* pigs.

Key words: fermented feed mulberry powder; *Ningxiang* pigs; growth performance; meat quality; serum biochemical indexes